Atalanta (Juli 1993) 24(1/2):15–32, Würzburg, ISSN 0171-0079

Die Struktur der Eihüllen einiger Papilio-Arten im Vergleich unter dem REM/SEM

(Lepidoptera, Papilionidae)

von

ULF EITSCHBERGER

eingegangen am 9.XI.1992

Summary: With the technical help of a SEM the microstructures of some *Papilio* species of the Holarctic are compared. It can be shown clearly, that *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869 stat. nov. as well as *Papilio hippocrates* FELDER & FELDER, 1864 stat. nov. are not conspecific with *Papilio machaon* LINNAEUS, 1758. The differences between *Papilio machaon* LINNAEUS, 1758 and *Papilio hospiton* GUENÉE, 1839 published by MARINI & TRENTINI (1989) are confirmed. The structure of the egg chorion of *Papilio saharae* OBERTHÜR, 1879 and *Papilio saharae rathjensi* WARNECKE, 1932 is more similar to each other than to *P. machaon*. On the other side the structure of the egg chorion of *Papilio alexanor eitschbergeri* BOLLINO & SALA, 1992 are figured and shown for the first time.

Zusammenfassung: Mit der Hilfe des Rasterelektronenmikroskops (= REM, engl. SEM) wird die Mikrofeinstruktur der Eihüllen einiger holarktischer *Papilio*-Arten miteinander verglichen. Es zeigt sich deutlich, daß *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869 stat. nov. und *Papilio hippocrates* FELDER & FELDER, 1864 stat. nov. nicht konspezifisch mit *Papilio machaon* LINNAEUS, 1758 sind. Die Unterschiede zwischen *Papilio machaon* LINNAEUS, 1758 und *Papilio hospiton* GUENÉE, 1839, wie diese von MARINI & TRENTINI (1989) festgestellt wurden, können bestätigt werden. Die Eistrukturen von *Papilio saharae* OBERTHÜR, 1879 und *Papilio saharae rathjensi* WARNECKE, 1932 sind untereinander ähnlicher, verglichen mit *P. machaon*. Die Strukturen der beiden Unterarten von *P. saharae* weisen hingegen zu *P. hospiton* wieder große Ähnlichkeiten auf. Zusätzlich werden auch erstmals die Eistrukturen von *Papilio alexanor eitschbergeri* BOLLINO & SALA, 1992 abgebildet.

Die Analyse von Mikrofeinstrukturen, die mit Hilfe von REM-Bildern vorgenommen werden kann, hat im letzten Jahrzehnt bei der Differenzierung von Arten neben den anderen Untersuchungsmethoden (Genitalien, Androkonien etc.) – mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Ebenso können die Merkmale zur generischen Abgrenzung bzw. zur Beantwortung entwicklungsgeschichtlicher Fragen herangezogen werden (z.B. EITSCHBERGER, 1984:371). Analysen in einem größeren Maßstab stehen allerdings aus, da die Untersuchungen mit dem REM sehr zeit- und kostenintensiv sind. Aus diesem Grund empfiehlt es sich doch wenigstens, das, was schon fertig ist, in kleineren Teileinheiten zu publizieren. Das soll hier, nach dem zuvor veröffentlichten Beitrag zu den Mikrofeinstrukturen bei Papilioniden (EITSCHBERGER, 1984) erneut geschehen.

Abb. 1–8: *Papilio alexanor eitschbergeri* BOLLINO & SALA, 1992. Samos, V.1981, E. GAWEHN leg.
Abb. 1: Eiaufsicht mit Mikropylzone.
Abb. 2: Mikropylregion.
Abb. 3–8: Mikropyle.

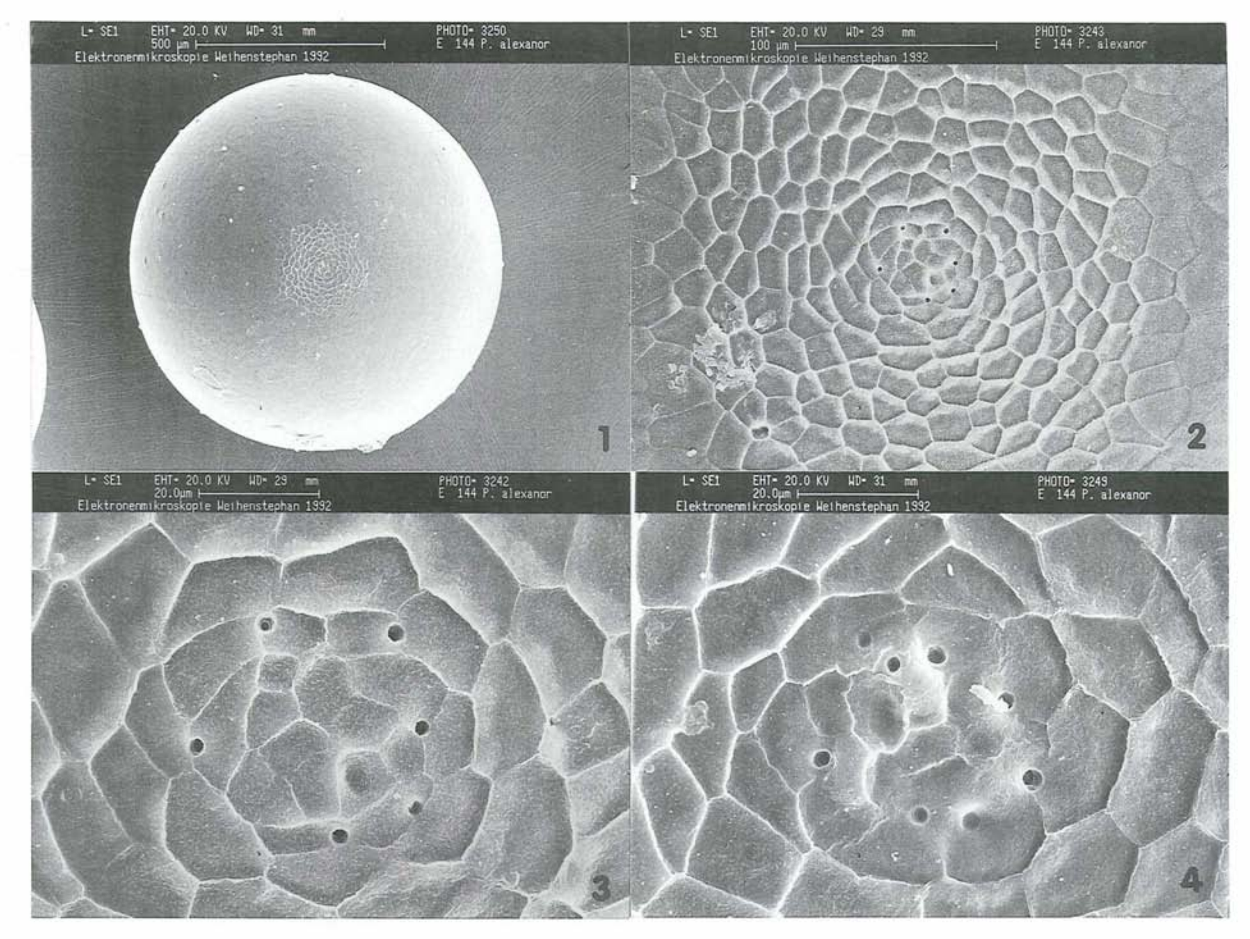
Abb. 9–12: Eiaufsichten mit Mikropylzone
Abb. 9: *Papilio machaon mauretanica* VERITY, 1908. Marokko, Hoher Atlas, am Weg ca. 5,5 km NE Oukaimeden, 2400m, 26.VI.1985, EITSCHBERGER leg. (Dem Abdomen konnten 156 entwickelte Eier entnommen werden.)
Abb. 10: *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869. Canada, Yukon Territories, Dempster BW (HWY 11), Mile 1, 14.VI.1981, N. TREMBLAY leg.
Abb. 11: *Papilio saharae saharae* OBERTHÜR, 1879. Tunesien SE, Sidi Mansour, 1.VII.1976, 28.VI. und 1.VII.1976, H. J. MAGER & H. MÜHLE leg.
Abb. 12: *Papilio saharae rathjensi* WARNECKE, 1932. Nord-Jemen, Westhänge des Jabal dan bei Ibb, über 2000m, JAN MEERMAN leg.

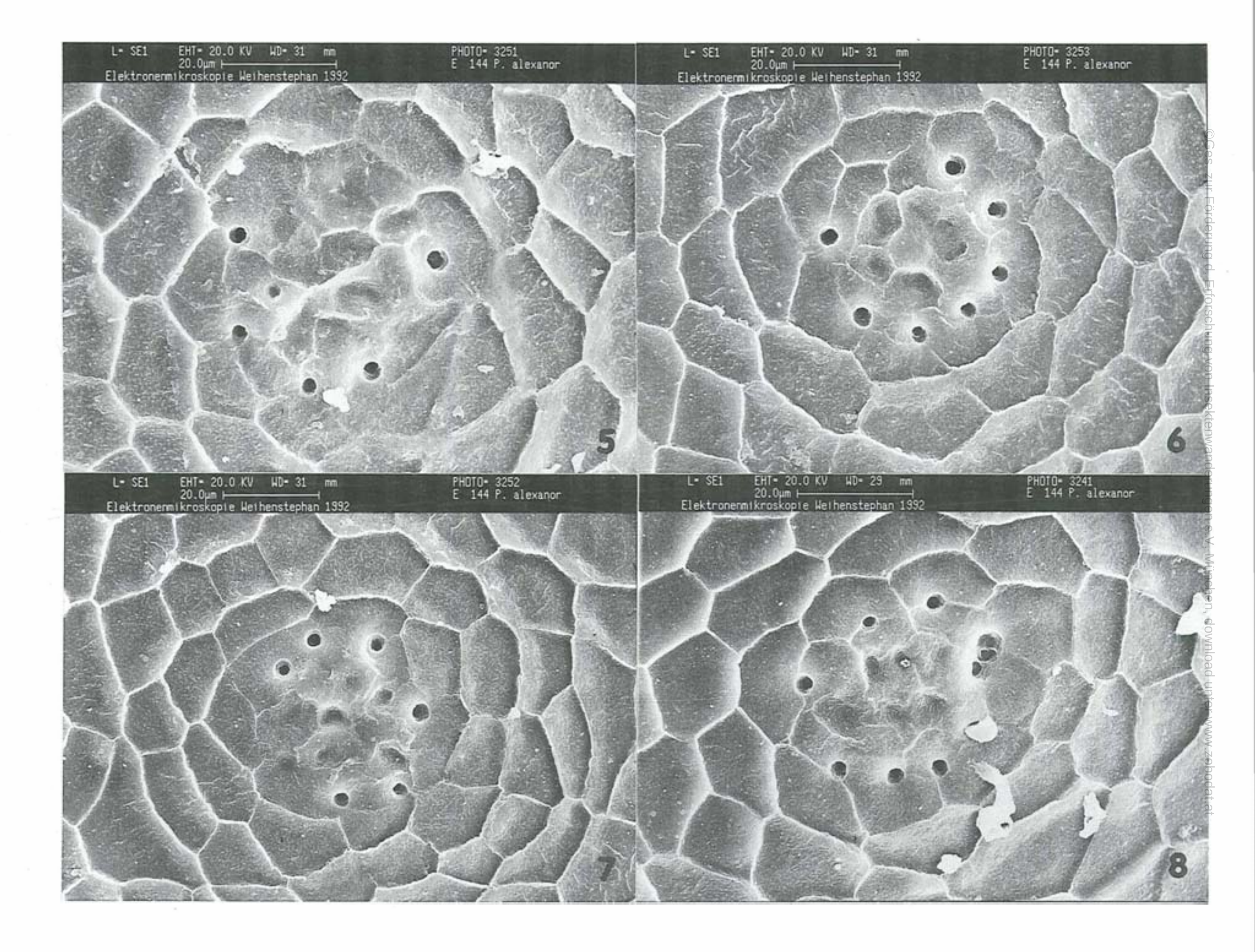
Abb. 13–16: *Papilio machaon mauretanica* VERITY, 1908. Mikropylen, Daten wie Abb. 9.

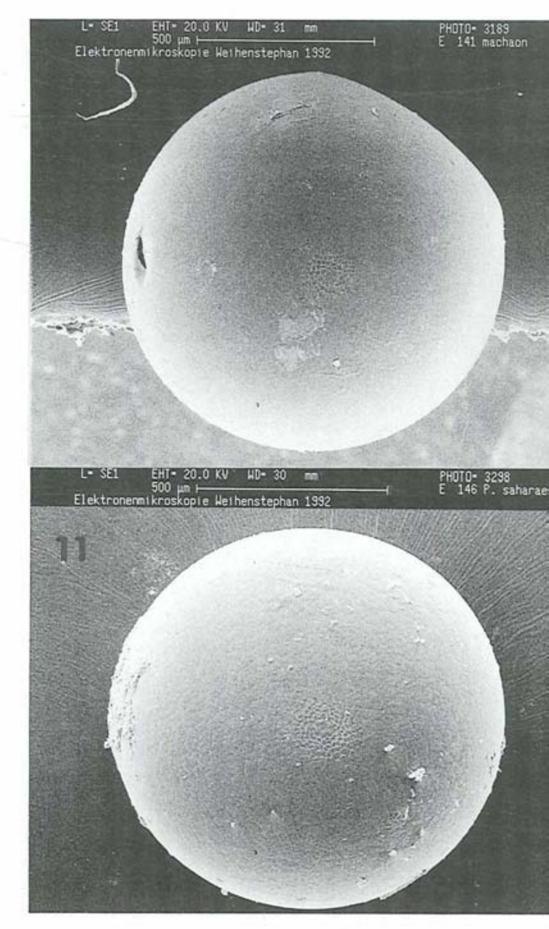
Abb. 17–21: *Papilio hippocrates* FELDER & FELDER, 1864. Japan, Hokkaido, Aizankei, 6.VIII.1952, K. OMOTO leg., ex coll. GROSS.
Eiaufsicht und Mikropylzonen.

Abb. 22–25: *Papilio hospiton* GUENÉE, 1839. Sardinien.
Eiaufsicht und Mikropylzonen.

Abb. 26–45: Mikropylzonen.
Abb. 26: *Papilio machaon mauretanica* VERITY, 1908. Daten wie Abb. 9.
Abb. 27: *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869, Daten wie Abb. 10.
Abb. 28: *Papilio saharae saharae* OBERTHÜR, 1879, Daten wie Abb. 11.
Abb. 29: *Papilio saharae rathjensi* WARNECKE, 1932, Daten wie Abb. 12.
Abb. 30–38: *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869, Daten wie Abb. 10.
Abb. 39–41: *Papilio saharae saharae* OBERTHÜR, 1879, Daten wie Abb. 11.
Abb. 42–45: *Papilio saharae rathjensi* WARNECKE, 1932, Daten wie Abb. 12.


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
500 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3250
E 144 P. alexanor
1
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
100 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3243
E 144 P. alexanor
2
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3242
E 144 P. alexanor
3
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3249
E 144 P. alexanor
4


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO= 3251
20.0µm E 144 P. alexanor
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
5
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO= 3253
20.0µm E 144 P. alexanor
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
6
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO= 3252
20.0µm E 144 P. alexanor
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
7
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm PHOTO= 3241
20.0µm E 144 P. alexanor
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
8


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
500 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3189
E 141 machaon
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
500 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3298
E 146 P. saharae
11

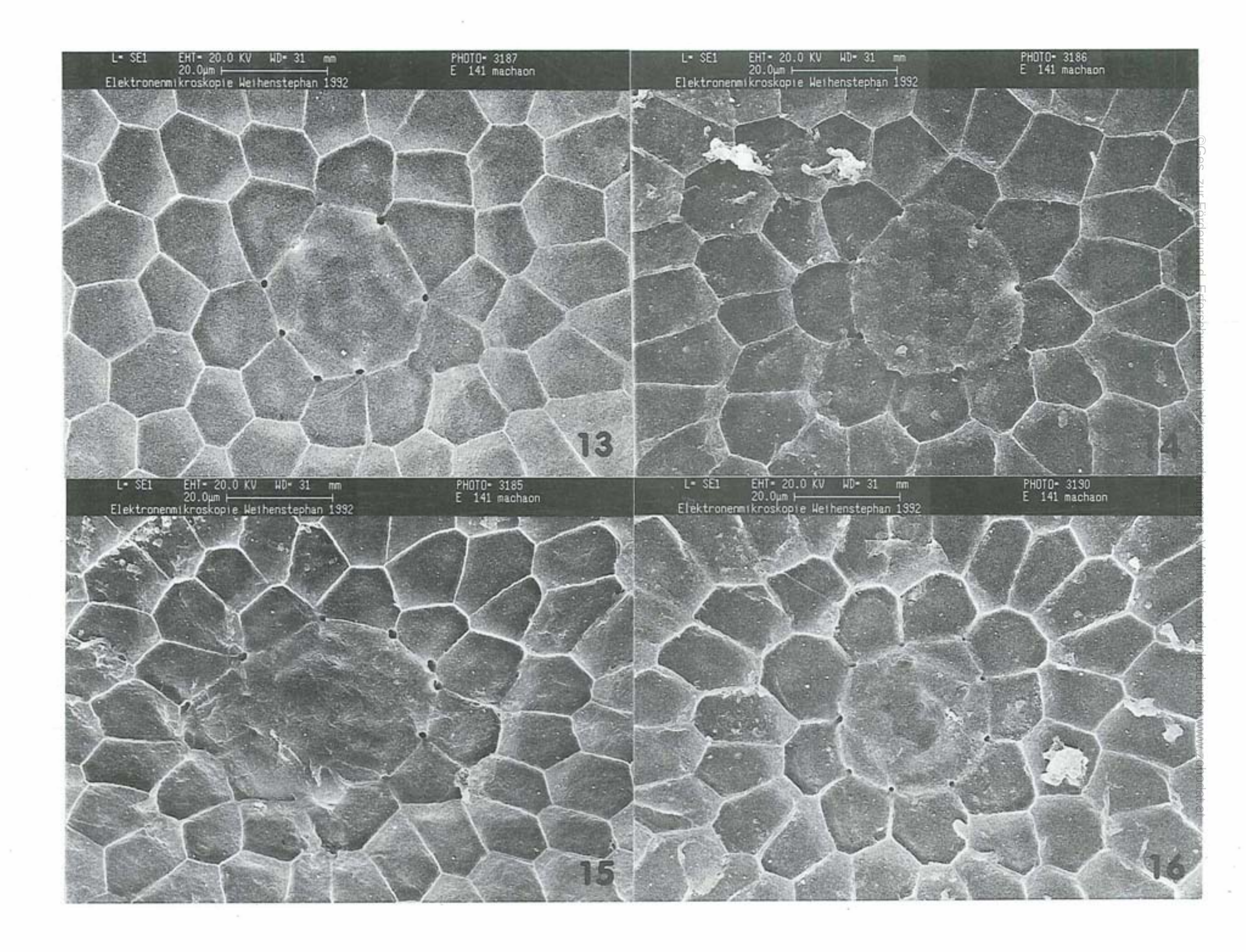
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm PHOTO= 3281
500 µm E 145 P.aliaska
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992

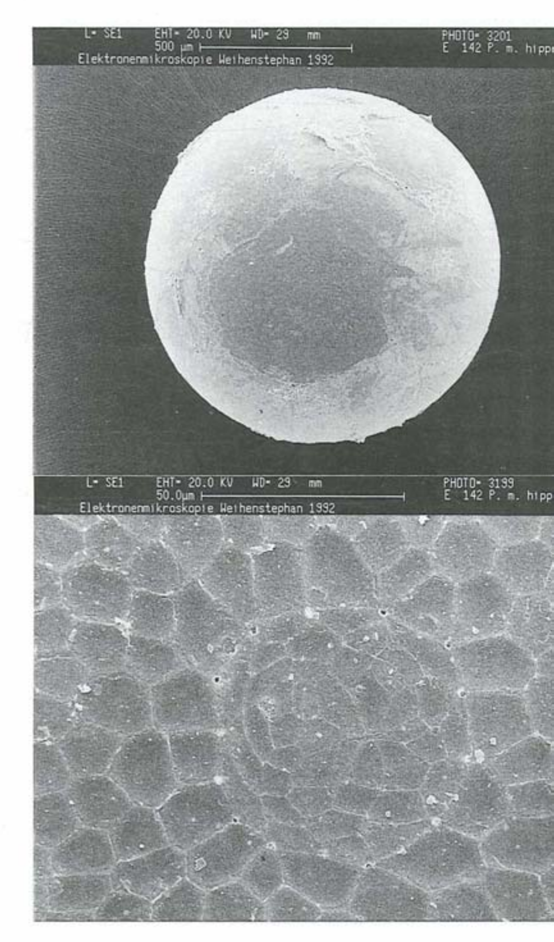
9

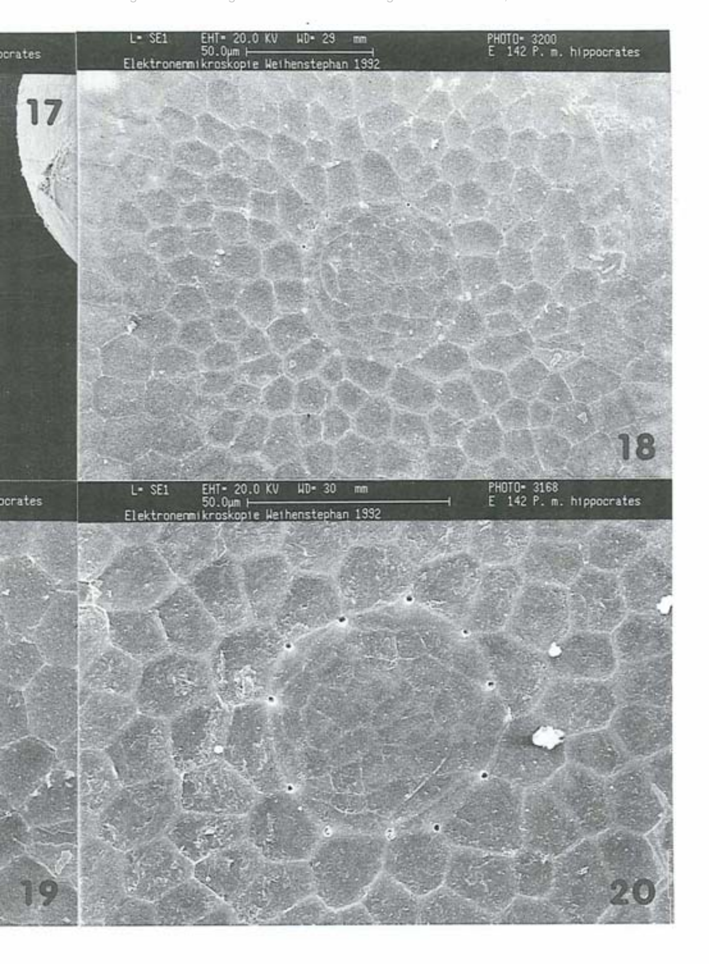
10

L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm PHOTO= 3053
500 µm E 136 rathjensi
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992

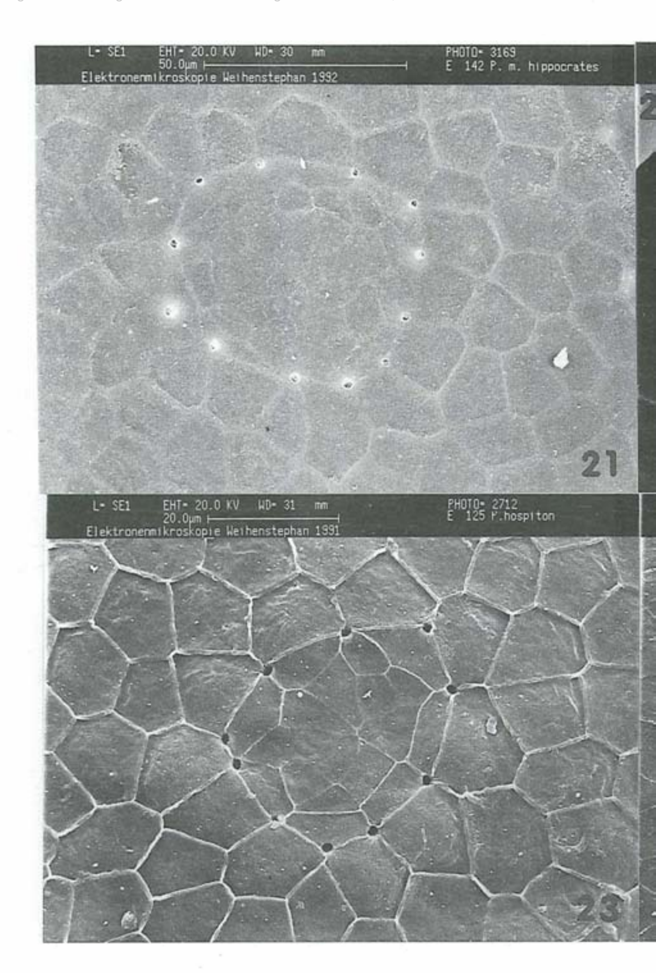
12

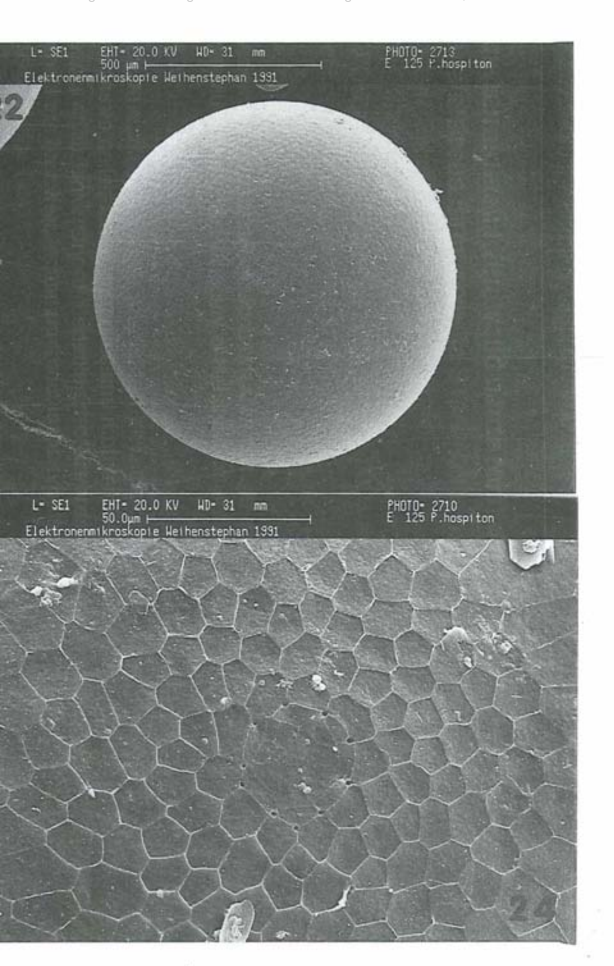

L• SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO- 3187
20.0µm E 141 machaon
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
13
L• SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO- 3186
20.0µm E 141 machaon
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
14
L• SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO- 3185
20.0µm E 141 machaon
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
15
L• SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm PHOTO- 3190
20.0µm E 141 machaon
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
16

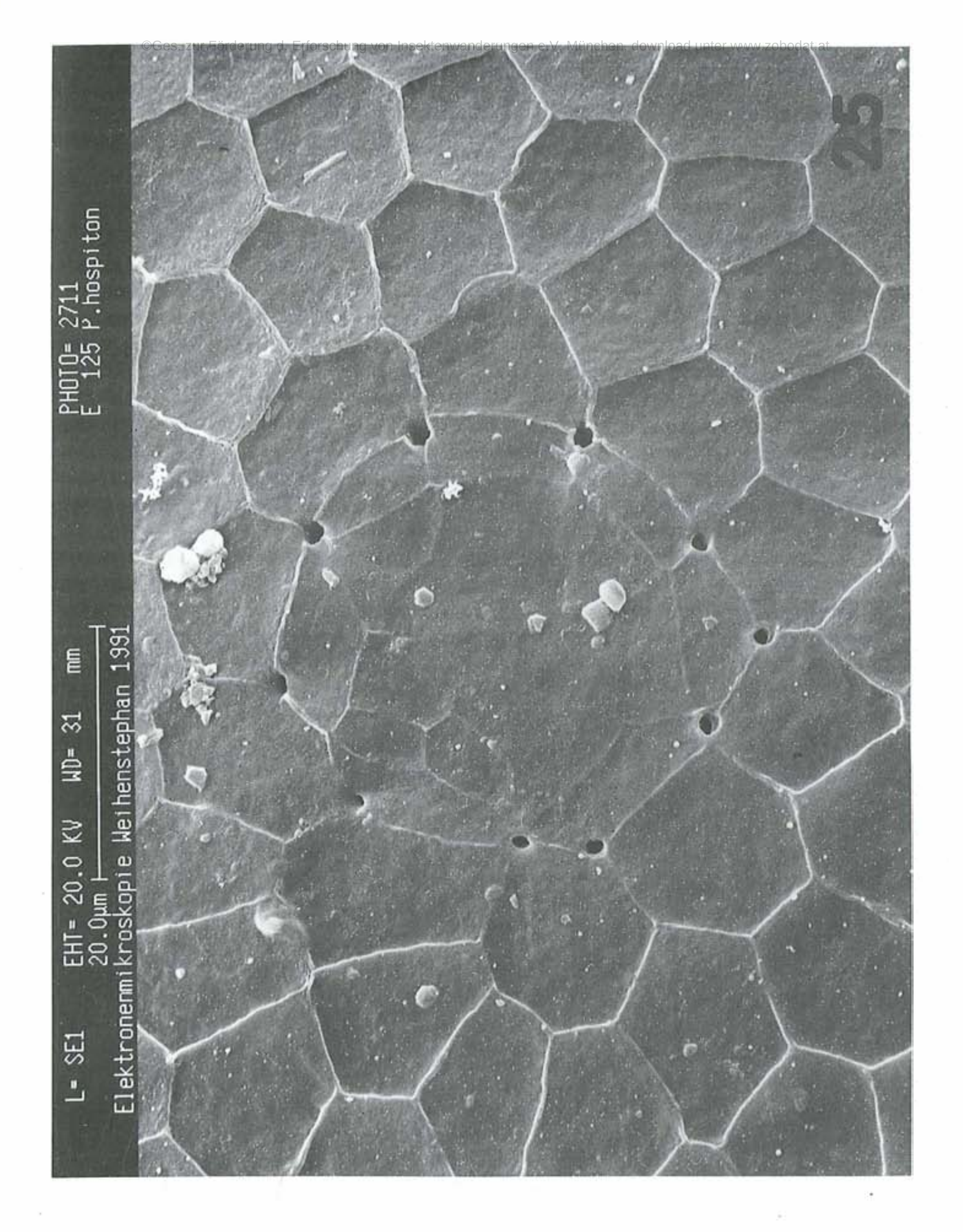

L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
500 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3201
E 142 P. m. hipp
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3199
E 142 P. m. hipp

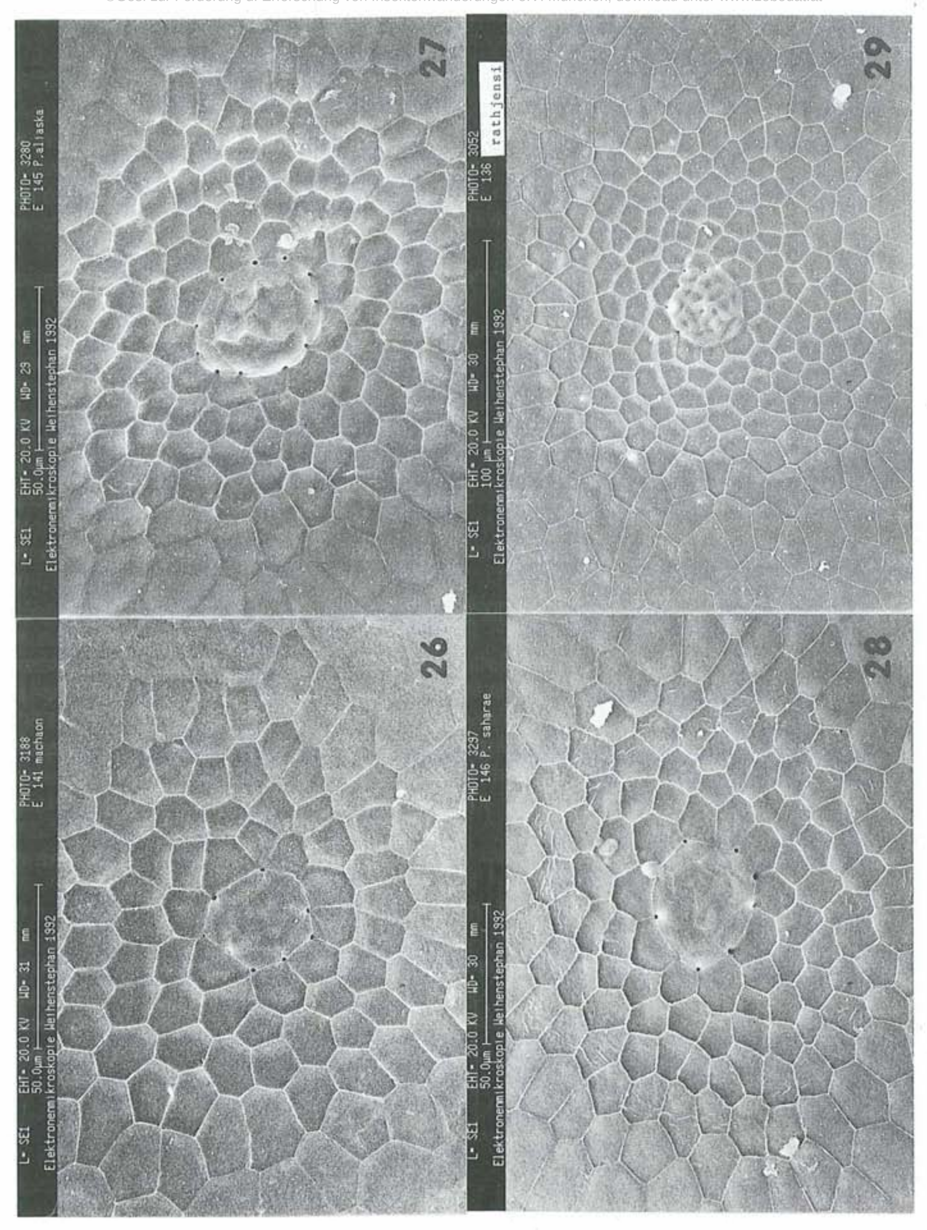


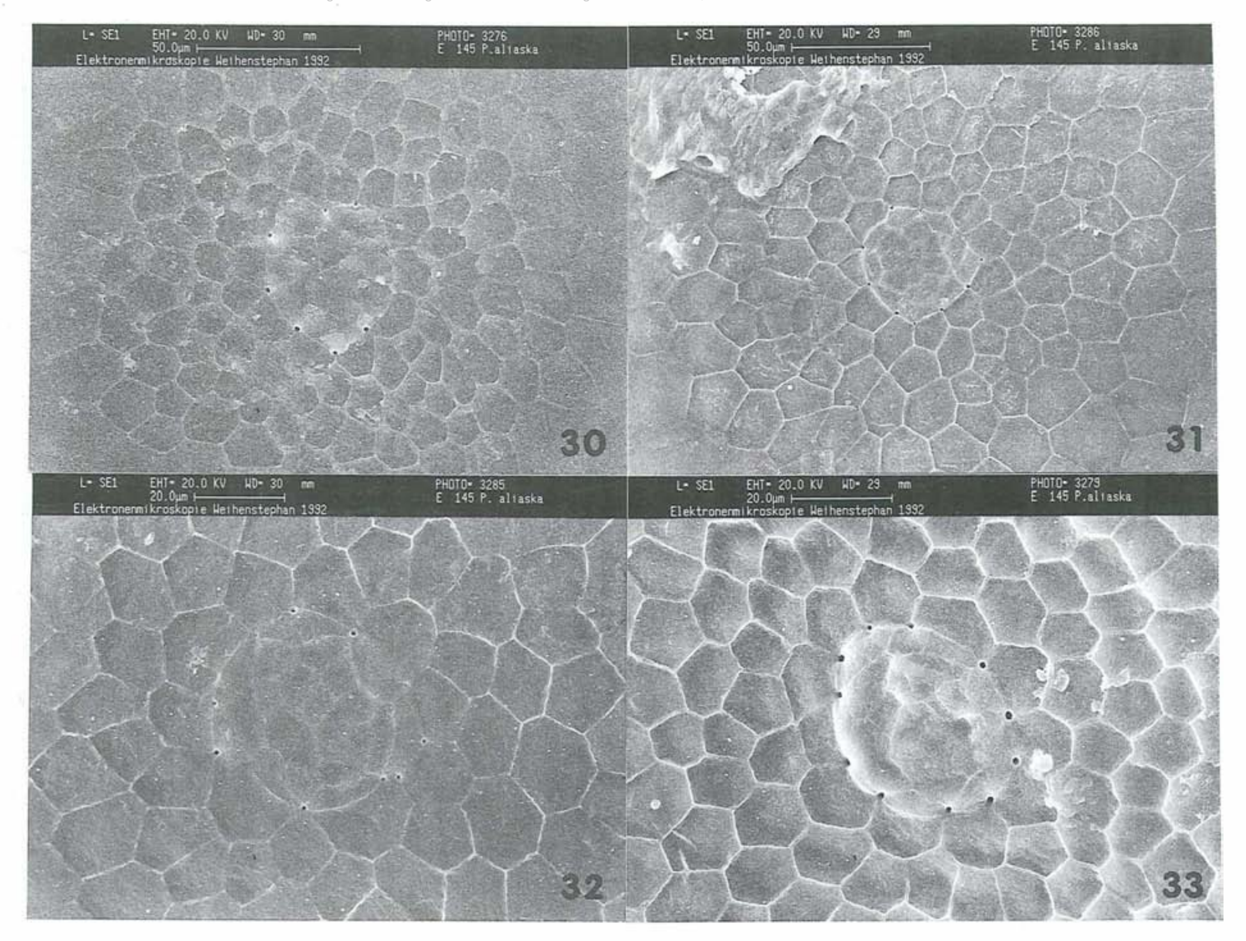
ocrates
17
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3200
E 142 P. m. hippocrates
18
ocrates
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3168
E 142 P. m. hippocrates
19
20

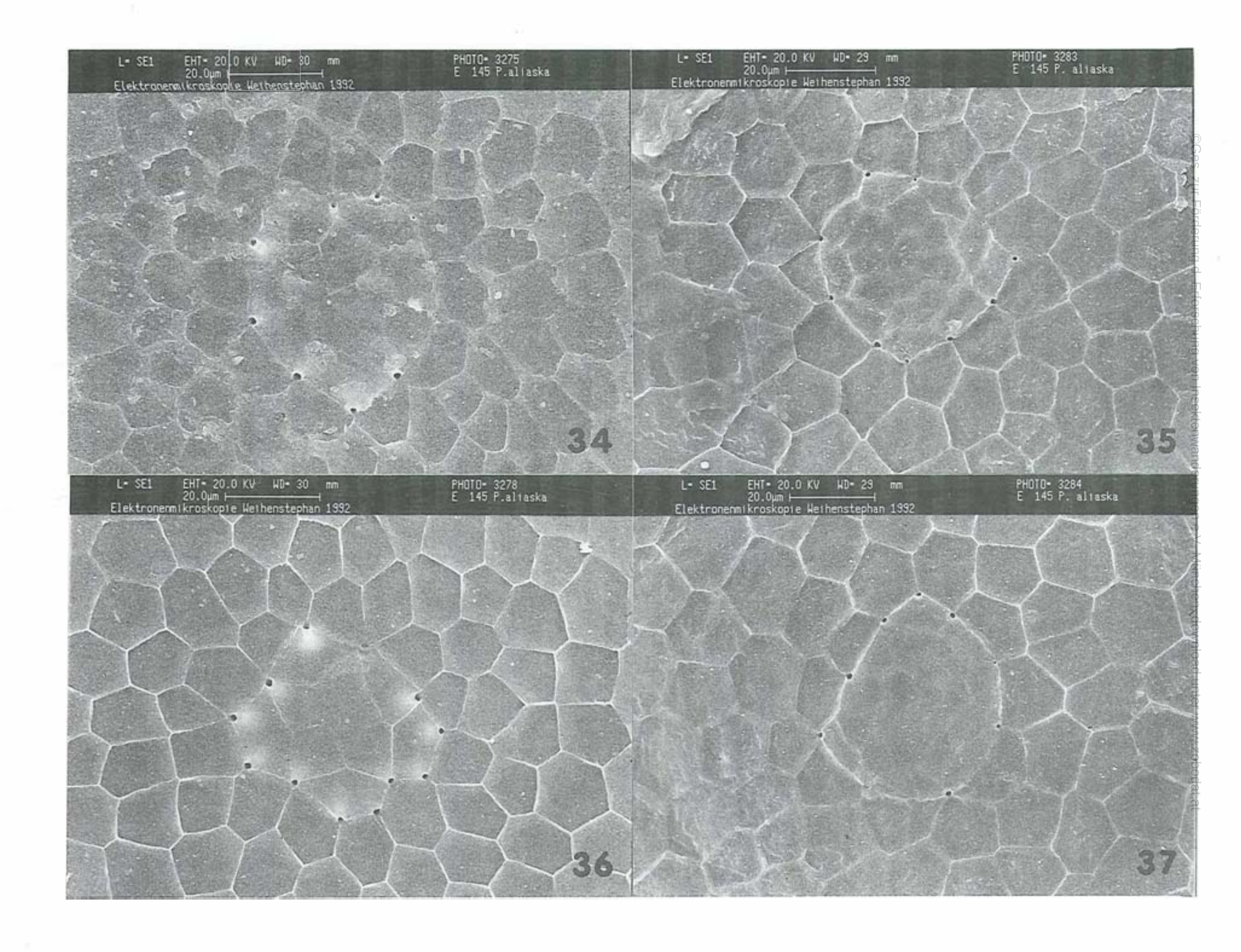

L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3169
E 142 P. m. hippocrates
21
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1991
PHOTO= 2712
E 125 P.hospiton
23

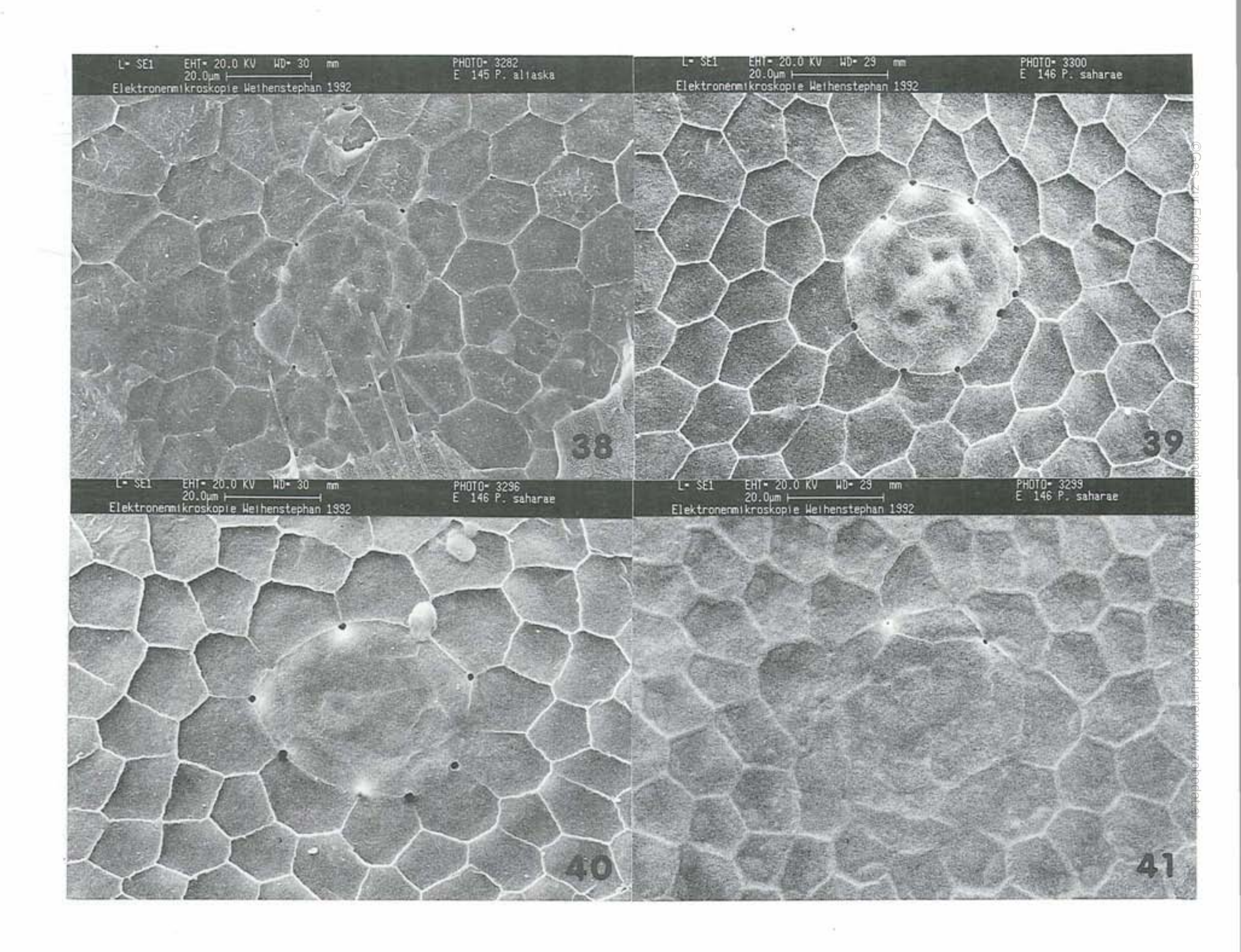

L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
500 µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1991
PHOTO= 2713
E 125 P.hospiton
22
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1991
PHOTO= 2710
E 125 P.hospiton
24

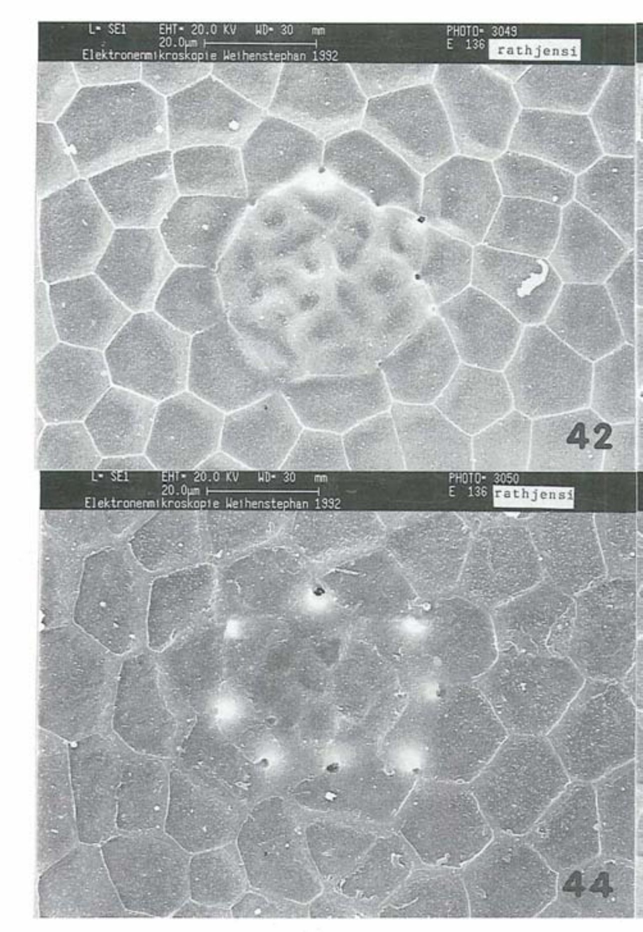

L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 31 mm
PHOTO= 2711
20.0µm
E 125 P.hospiton
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1991
25

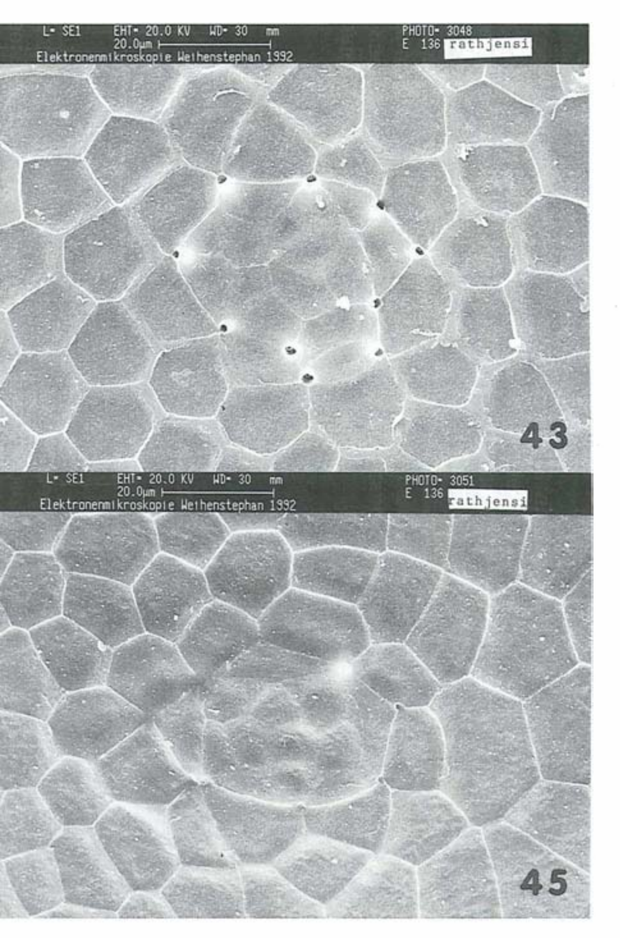

27
L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 29 mm PHOTO- 3280
50.0µm E 145 P.alaska
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
26
L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 31 mm PHOTO- 3188
50.0µm E 141 machaon
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
29
L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 30 mm PHOTO- 3052
100 µm E 136
rathjensi
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
28
L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 30 mm PHOTO- 3237
50.0µm E 146 P. saharae
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3276
E 145 P.aliaska
30
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
50.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3286
E 145 P. aliaska
31
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3285
E 145 P. aliaska
32
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3279
E 145 P.aliaska
33


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3275
E 145 P.aliaska
34
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3283
E 145 P. aliaska
35
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3278
E 145 P.aliaska
36
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3284
E 145 P. aliaska
37


L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm PHOTO= 3282
20.0µm E 145 P. aliaska
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
38
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm PHOTO= 3300
20.0µm E 146 P. saharae
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
39
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 30 mm PHOTO= 3296
20.0µm E 146 P. saharae
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
40
L= SE1 EHT= 20.0 KV WD= 29 mm PHOTO= 3299
20.0µm E 146 P. saharae
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
41


L= SE1
EHT= 20.0 KV
WD= 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3049
E 136
rathjensi
42
L= SE1
EHT= 20.0 KV
WD= 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO= 3050
E 136
rathjensi
44


L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO- 3048
E 136 rathjensi
43
L- SE1 EHT- 20.0 KV WD- 30 mm
20.0µm
Elektronenmikroskopie Weihenstephan 1992
PHOTO- 3051
E 136 rathjensi
45

Nach der Arbeit von MARINI & TRENTINI (1989) interessierten natürlich die Strukturen der nächstverwandten Arten oder Unterarten im *Papilio machaon*-Komplex. Daher wurden Eier aus den in der Sammlung befindlichen Weibchen verschiedener Taxa entnommen und für die Untersuchungen für das REM präparativ vorbereitet.

Ergebnisse

Papilio alexanor eitschbergeri BOLLINO & SALA, 1992

Die Netzstruktur und Spiralenzahl von 6–8 der Mikropylzone ist ähnlich der von *P. saharae* oder *P. hospiton*. Große Unterschiede zu den genannten Arten finden sich jedoch in den Mikropylöffnungen (Abb. 1–8), die sehr groß und mächtig erscheinen. Diese liegen frei im Zentrum und nicht auf einem inneren Mikropylring, so wie bei allen noch folgenden Arten. Die Netzstruktur des Mikropylzentrums löst sich nach dem 7./8. Spiralring auf und verschwimmt mit der mehr oder weniger strukturlosen, leicht buckeligen Chorionoberfläche.

Papilio hippocrates FELDER & FELDER, 1864 **stat. nov.**

Das Ergebnis bei diesem Taxon fiel sehr überraschend und auch sehr deutlich aus. Die Eistrukturen zeigen, was sich bereits aufgrund des Phänotyps und des großen Saisondimorphismus andeutete, daß nämlich *P. hippocrates* artverschieden von *P. machaon* ist. Der innerste Mikropylring ist im Durchmesser wesentlich größer und enthält wenigstens 12 Öffnungen. *P. machaon* hat zwar auch 8–15 (MARINI & TRENTINI, 1989), statistisch dürfte die Zahl jedoch bei 10 oder unter 10 Öffnungen liegen. Gegenüber *P. machaon* ist das innerste Mikropylfeld (innerhalb der Mikropylöffnungen) mit klarer Netzstruktur versehen, was bei *P. machaon* meist nicht der Fall ist, und wenn, dann ist das Netz wesentlich weitmaschiger.
Der innerste Mikropylkreis, auf dem die Mikropylöffnungen liegen, ist bei *P. hippocrates* wesentlich größer, verglichen mit *P. machaon*. Gleichfalls ist bei *P. hippocrates* jede Mikropylspirale aus wesentlich mehr Feldern oder Maschen aufgebaut, die auch etws kleiner sind gegenüber *P. machaon*.
Wie Kreuzungsexperimente belegen, besteht auch zwischen *P. hippocrates* und dem europäischen *P. machaon* eine große Inkompatibilität (REMINGTON, 1960).
Analysieren wir jetzt im Nachhinein die anderen Mikrofeinstrukturen von Stigmen, Chaeta etc. in EITSCHBERGER (1984), so werden die Unterschiede noch deutlicher, was auch bei den noch folgenden Arten gilt. Diese Unterschiede wurden damals noch teilweise als unterartliche Variabilität gewertet.

Papilio saharae OBERTHÜR, 1879

Die Mikropylregion belegt erneut die Rechtfertigung, diese Art nicht mit *Papilio machaon* in Konspezifität zu stellen. Die Zahl der deutlich sichtbaren Mikropylspiralen wie auch die Zahl der Spiralfelder ist deutlich zu *P. machaon* verschieden. Obwohl nachfolgende Zahlenwerte jeweils nur von einer Bildprobe entnommen wurden, kann aus der Erfahrung und dem Vergleich mit anderen Bildern geschlossen werden, daß die Werte auch einer statistischen Überprüfung standhalten. Da von *Papilio saharae rathjensi* ein Bild mit einem anderen Vergrößerungsmaßstab vorliegt, wurden hier nur die Spiralfelder der sechs deutlich sichtbaren Mikropylspiralen gezählt, was dem Ausschnitt der anderen Bilder entsprechen dürfte.

	Zahl der Spiralfelder	Auflösung der Mikropylspiralen nach
Abb. 26 (Photo 3188) *machaon*	112	3 Spiralen
Abb. 28 (Photo 3297) *saharae*	146	7 Spiralen
Abb. 29 (Photo 3052) *rathjensi*	155	7 Spiralen
Abb. 27 (Photo 3280) *aliaska*	142	5 Spiralen

Die Mikropylregion, wenn auch etwas von *P. saharae* unterschieden, weist doch mehr Ähnlichkeit mit diesem Taxon auf als mit *P. machaon*, so daß mir die Kombination *P. saharae rathjensi* gerechtfertigt erscheint.

Papilio aliaska SCUDDER, 1869 **stat. nov.**
Wie die Tabelle unter *P. saharae* zeigt, unterscheidet sich diese nordamerikanische Art, die phänotypisch sehr der altweltlichen *P. machaon* ähnelt, doch beträchtlich in der Eistruktur, so daß wir es hier ganz sicher mit einer eigenständigen Art zu tun haben.
In Kenntnis dieser Sachlage lassen sich am Auge der Hinterflügeloberseite und bei der Schwarzzeichnung des Innenrandes der Hinterflügel konstante Unterschiede feststellen. Die Chitinleisten der Valven besitzen gegenüber *P. machaon* auch nur um die zehn Zähne (Abb. 46). Diese Zahl liegt bei *P. machaon* deutlich darüber (ELLER, 1936). Interessanterweise ähneln sich die Arten mit wenig Chitinleistenzähnen, also *P. hospiton*, *P. saharae* und *P. aliaska* auch in der Mikropylregion der Eier in Bezug auf die Mikropylspiralen und der Spiralfelder wesentlich mehr im Vergleich zu *P. machaon*.
Aufgrund der Artverschiedenheit von *P. aliaska* von *P. machaon* ergibt sich für das Taxon *hudsonianus*, das ich für eine Unterart der *P. aliaska* halte, die neue Kombination

Papilio aliaska hudsonianus CLARK, 1932 **comb. nov.**

Gleiches dürfte auch für *Papilio machaon pikei* SPERLING, 1986 zutreffen, die im Nordosten von British Columbia und im Nordwesten Albertas vorkommt, so daß sich auch hier die neue Kombination

Papilio aliaska pikei SPERLING, 1986 **comb. nov.**

ergibt.

Zwei Unterarten von *Papilio aliaska* SCUDDER legen ihre Eier an die Büsche von *Artemisia* spp., *aliaska* an *Artemisia arctica*, *pikei* an *A. dracunculus* (SCOTT, 1986; SPERLING, 1986; TREMBLAY in litt.). Die ♀♀ von *P. a. hudsonianus* wurden bei der Ablage an *Petasites palmatus* beobachtet (SPERLING, 1986). Im paläarktischen Raum konnte bisher nur in Afghanistan *Artemisia absinthium* als Fraßpflanze der dortigen *P. machaon*-Unterart festgestellt werden (MÜTING, zitiert in SPERLING, 1986).

Die geographische Isolation wie auch die ökologischen Aspekte, lassen die Artabtrennung der *P. aliaska* von *P. machaon* erklärbar und vertretbar erscheinen.
Die bisher zu *P. machaon* gerechneten südlichen Populationen der Weststaaten bedürfen noch der Untersuchung zur Klärung deren Status.

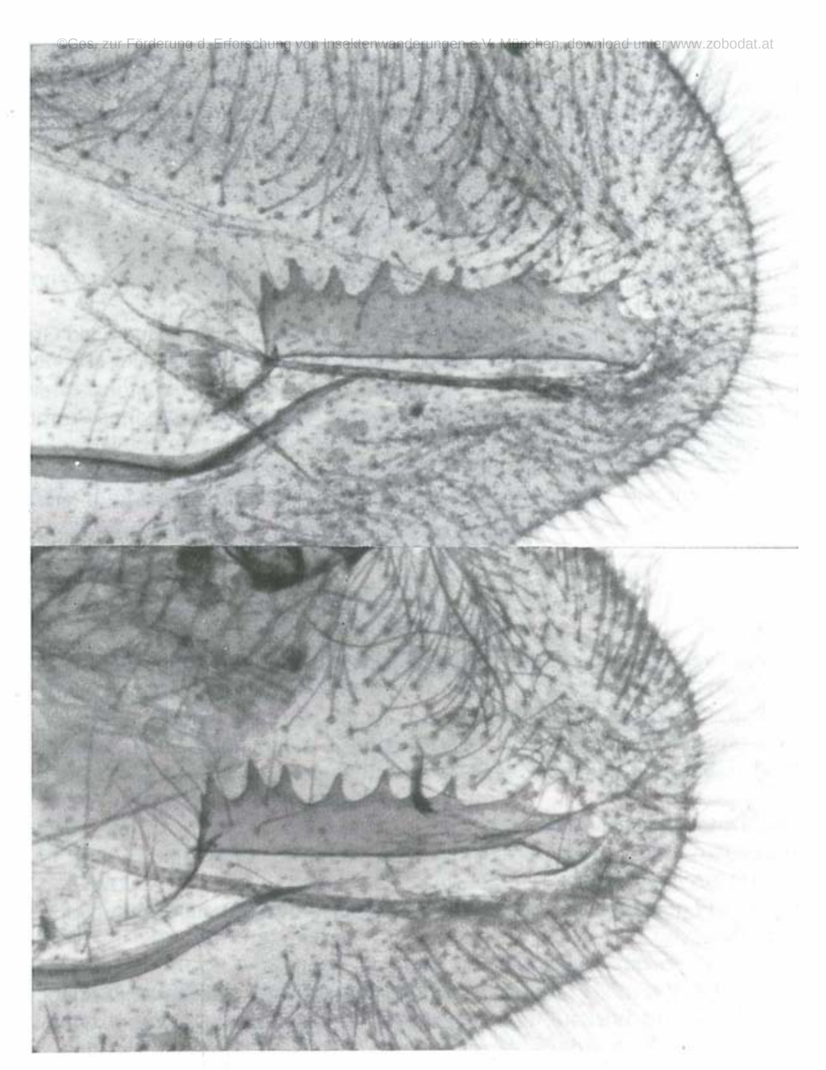


Abb. 46: Zahnleisten der beiden Valven von *Papilio aliaska* SCUDDER, 1869. Canada, Yukon Territories, Dempster Highway, Mile 255, 19.VI.1981, Genitalpräparat 2093.

Danksagung
Für die Anfertigung der REM-Bilder bedanke ich mich ganz herzlich bei Herrn Dr. H.-CH. BARTSCHERER, Frau RENATE HAMPL und Frau URSULA MAYER vom Laboratorium für Elektronenmikroskopie am Lehrstuhl Physik Weihenstephan der TU München.

Literatur

EITSCHBERGER, U. (1984): Studien einiger ausgewählter Mikrofeinstrukturen der Praeimaginal-Stadien bei Papilioniden (Lepidoptera, Papilionidae). – Atalanta **15**:350–372.

ELLER, K. (1936): Die Rassen von *Papilio machaon* L. – Abhandlg. Bayer. Akad. Wiss. N.F. **36**.

MARINI, M. & M. TRENTINI (1989): SEM morphological observations of *Papilio hospiton* GN. 1839 and *P. machaon* L. 1758 eggs (Lepidoptera: Papilionidae). – Nota lepid. **12**:175–178.

REMINGTON, CH. L. (1960): Wide experimental crosses between *Papilio xuthus* and other species. – J. Lep. Soc. **13**(1959):151–164.

SCOTT, A. S. (1986): The Butterflies of North America. A Natural History and Field Guide. – Stanford University Press, Stanford, California.

SPERLING, F. A. H. (1986): Evolution of the *Papilio machaon* species group in western Canada (Lepidoptera: Papilionidae). – The University of Alberta, Promotionsarbeit, Edmonton, Alberta.

Anschrift des Verfassers

Dr. ULF EITSCHBERGER
Humboldtstraße 13a
D-95168 Marktleuthen